

Características y Manejo del Ambiente en los Edificios de Producción Porcina.

TRABAJO FINAL INTEGRADOR 2017

ALUMNO: SEBASTIAN RATTO.

DIRECTOR: M.V ANDRES MOORE.

CO DIRECTOR: Dra. ALICIA ANTONINI.

Índice:

1. Resumen...Pág. 3

2. Introducción...Pág. 3

3. Objetivo...Pág. 3

4. Metodología...Pág. 3

5. Desarrollo...Pág. 3

5.1. Aire...Pág. 4

5.1.1. Vapor de Agua....Pág. 4

5.1.2. Humedad Relativa y Absoluta....Pág. 5

5.1.3. Características del Aire....Pág. 5

5.1.4. Gráfico Psicométrico....Pág. 6

5.1.5. Punto de Roció....Pág. 7

5.1.6. Contaminación del Aire....Pag. 8

5.2. Temperatura...Pág. 11

5.2.1. Calor Sensible....Pág. 11

5.2.2. Calor Latente....Pág. 11

5.2.3. Temperatura Crítica de Producción....Pág. 11

5.2.4. Mecanismos de Termorregulación....Pág. 12

5.2.5. Relación entre la Temperatura Ambiente y el Diseño de los Edificios...Pág. 15

5.2.6. Comportamiento Térmico de los materiales de Construcción....Pág. 17

5.3 Humedad Relativa...Pág. 18

5.3.1. Índice de Confort de los Cerdos....Pag 19

5.4. Ventilación...Pág. 22

5.4.1. Movimiento y Velocidad del Aire....Pag 23

5.4.2. Sistemas de Ventilación....Pag 24

5.4.3. Cálculos en Sistemas de Ventilación Forzada....Pag 28

5.5. Refrigeración...Pag 30

5.5.1. Sistema de Enfriamiento Evaporativo....Pag 30

5.5.2. Cálculos de Aplicables a los Sistemas Refrigeración....Pag 31

5.6. Recomendaciones Practicas...Pag 31

5.6.1. Guías de Ventilación Para Destete y Maternidad....Pag 32

5.6.2. Guías de Ventilación Para Terminación y Reproducción....Pag 33

5.6.3. Guías de ventilación...Pag 33

5.6.4. Identificación y Solución de Problemas....Pag 33

5.7. Análisis del Impacto del Estrés Térmico...Pag 36

5.7.1. Extractos de trabajos de investigación....Pag 36

5.7.2. Análisis del impacto del estrés térmico en los índices productivos....Pag 38

5.7.3. Análisis del impacto económico del estrés térmico en los cerdos....Pag 38

6. Conclusiones...Pag 39

7. Bibliografía...Pag 39

1. Resumen.

Los cerdos reaccionan a las **variables climatológicas** según su percepción de confort. Cuando producimos cerdos fuera de sus **estándares de confort** provocamos cambios fisiológicos y de conducta que condicionaran su máximo rendimiento. Para poder brindarle a los cerdos condiciones de confort es imprescindible identificar y poder describir cuáles son las variables climatológicas y el comportamiento de los materiales de construcción de los edificios. A partir de esto podremos identificar desvíos que afecten el **bienestar** del cerdo. Controlar la interacción del cerdo y el edificio con el medio ambiente de forma eficiente y un bajo costo energético posibilitaran a los productores evitar variaciones significativas en las condiciones de producción y obtener una mayor renta por su trabajo.

2. Introducción.

Los edificios utilizados en las explotaciones porcinas modernas son estructuras complejas que necesariamente deben contar con un diseño arquitectónico y un sistema de control ambiental que nos permita maximizar los avances genéticos, sanitarios y nutricionales actuales.

La tecnología aplicada a la climatización de edificios destinados a la producción de cerdos no sólo posibilita ambientes confortables a los animales durante su estadía, sino que también mejora la eficiencia productiva y el resultado económico obtenido.

El diseño y manejo de los equipos de climatización a incorporar dentro de las granjas de cerdos es potencialmente sencillo, pero es necesario tener la información necesaria al respecto y realizar los cálculos correctos para evitar gastos innecesarios y fallas en el diseño de estas.

3. Objetivos

Identificar y describir cuáles son las características generales del ambiente que debemos controlar para poder maximizar el logro de los índices zootécnicos de importancia productiva y económica en la explotación porcina.

Describir alternativas existentes en el diseño, construcción y tecnologías que nos permitan mantener un correcto control ambiental de los edificios de producción porcina

4. Metodología.

Se realiza una recopilación bibliográfica y un análisis de los beneficios productivos y económicos que brinda la incorporación de tecnología que permita el control de las variables climatológicas y la ventilación en la producción porcina.

5. Desarrollo.

El cerdo es el animal más susceptible a la temperatura ambiental, por lo que es de suma importancia mantener el ambiente apropiado para poder maximizar la producción de kilogramos (kg) de carne.

Para obtener la mayor eficiencia en la cría de cerdos, será necesario utilizar el ingenio y la tecnología que nos permita mantener la temperatura interna de los galpones de

forma constante (sin dispersiones térmicas mayores a 6°C -ideal-), independientemente de que suceda con la temperatura en el exterior.

Previo al momento de implementar un sistema de control ambiental, es necesario conocer cuáles son los factores que afectan el ambiente y cuáles son las herramientas disponibles para poder realizar un correcto y eficiente control ambiental dentro de los edificios de cría de cerdos.

Para utilizar los métodos y criterios correctos de ventilación de edificios de cría de cerdos se debe de conocer previamente la composición del aire y sus características, definir y describir cómo los cerdos se adaptan a la temperatura y cuál será el efecto de la humedad relativa ambiente en su producción.

Un sistema de control ambiental debe de garantizar:

Eliminar la humedad.

Eliminar el exceso de calor.

Eliminar gases y olores nocivos.

Aportar aire renovado al edificio.

5.1. Aire.

El aire es una masa de gases de donde el cerdo tomará el oxígeno para su respiración, y con la que intercambiará elementos de desecho de su metabolismo y así llevará a cabo funciones vitales. Cabe destacar que el oxígeno es además utilizado para la calefacción, lo cual producirá cambios que irán modificando el equilibrio de sus componentes.

El aire cuando está seco y sin contaminación, tiene la siguiente composición gaseosa:

Nitrógeno 78,08%

Oxígeno 20,95%

Argón 0,93%

Anhídrido Carbónico 0,03% (desecho de la respiración)

Además, se debe considerar que el aire no solo está constituido por gases, sino que también posee vapor de agua, polvo atmosférico (partículas) y microorganismos.

5.1.1. Vapor de Agua.

La presión ejercida por la atmósfera sobre cada uno de los seres vivos resulta de la presión ejercida por el aire y la presión ejercida por el agua.

PRESION ATMOSFERA = PRESION DEL AIRE + PRESION DEL VAPOR DEL AGUA

El aire, según a la temperatura en que se encuentre, puede disolver una determinada cantidad de agua en estado de vapor, el que una vez saturado se condensa en forma de rocío. A partir de este concepto podemos determinar que una masa de aire caliente y saturada, a medida que se va enfriando, va dejando un rocío que permite obtener los datos de temperatura y gramos de agua sobre kg de aire seco. (Plano, 1995)

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaria de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

Considerando el ejemplo:

1 kg de aire seco a 30 °C (cap. Max 27,31 gri) tiene una humedad relativa de 50%

Entonces en ese kg de aire seco tendremos 13,65 gramos (gr) de agua en estado de vapor.

Pero si a la misma masa de aire (13,65 gri) la llevamos a una temperatura de 10 °C

(7,66 gri) 5,99 gramos de agua se condensarán en forma de rocío. (13,65 gri – 7,66 gri = 5,99 gri).

El aire puede disolver una determinada cantidad de agua en estado de vapor, según a la temperatura que se encuentre y una vez que está saturada, el vapor se condensa en forma de rocío.

5.1.2. Humedad Relativa y Absoluta.

Si se tiene en cuenta el ejemplo arriba descrito, donde se observa una masa de aire a 30°C (27,31 gri) con 13,65 gr de vapor de agua, 13,65 es el valor de la Humedad Absoluta, el cociente porcentual de la Humedad Absoluta y la cantidad máxima de vapor de agua que el aire podría contener a la misma temperatura es la Humedad Relativa.

$13,65/27,31 = 0,50 * 100\% = 50\%$ Humedad Relativa.

Temperatura (°C)	gri (gramos agua/kg aire seco)	Temperatura (°C)	gri (gramos agua/kg aire seco)	Temperatura (°C)	gri (gramos agua/kg aire seco)
-5	2,49	15	10,69	35	36,73
-4	2,7	16	11,41	36	38,95
-3	2,94	17	12,17	37	41,29
-2	3,2	18	12,98	38	43,75
-1	3,48	19	13,84	39	46,36
0	3,79	20	14,75	40	49,11
1	4,07	21	15,71	41	52,01
2	4,38	22	16,74	42	55,08
3	4,7	23	17,82	43	58,32
4	5,05	24	18,95	44	61,75
5	5,42	25	20,16	45	65,36
6	5,81	26	21,44	46	69,03
7	6,41	27	22,79	47	73,23
8	6,67	28	24,22	48	77,5
9	7,15	29	25,72	49	82,01
10	7,66	30	27,31	50	86,78
11	8,19	31	29		
12	8,76	32	30,78		
13	9,36	33	32,66		
14	10	34	34,64		

Tabla Nro. 1. Gramos de agua que a diferente temperatura saturan un kg de aire. (Plano, 1995).

5.1.3. Características del Aire.

Calor específico del aire.

Se denomina calor específico de un cuerpo a la cantidad de calor necesario (calorías) para elevar en 1°C la temperatura de un gr de ese cuerpo. El aire tiene un calor específico muy regular 0,24 Kcal/kg °C y como a presión y con amplios márgenes de temperatura no cambia de estado, basta con conocer el calor que se le aporta para saber su temperatura. (Plano, 1995)

Calor específico del vapor de agua.

A diferencia del aire, el vapor de agua produce cambios en su estado físico (vaporizaciones y condensaciones) la temperatura del agua solo se eleva hasta 100°C (calor sensible), a partir de ahí se convierte en vapor y toda energía que se le aporte no variará su temperatura (calor latente). Solo hay dos formas diferentes de almacenar o gastar calor en el vapor de agua:

Calor Sensible: cuando se puede elevar la temperatura a razón de 1°C por cada caloría que se le suministra a 1 kg de agua, hasta alcanzar los 100°C. (Plano, 1995)

Calor Latente: es la cantidad de calor necesario para producir un cambio de estado de un cuerpo, luego de haber elevado la temperatura que le corresponde a ese cambio de estado. En el caso del agua, una vez alcanzado los 100°C se vaporiza 1 gr por cada 0,597 calorías que se le añaden. A este calor que no produce sensibles aumentos de temperatura se lo llama calor latente ya que queda almacenado en el vapor de agua y para ser neutralizado necesitara calorías negativas o frigo calorías. Cuando el agua se evapora y se quiere condensar a razón de 0,597 frigo calorías por gr de vapor pasa a rocío. (Plano, 1995)

5.1.4. Gráfico Psicométrico.

Los gráficos psicrómetros son instrumentos utilizados para medir la humedad relativa. Las mediciones son realizadas por dos termómetros comunes, uno de ellos tiene envuelto el bulbo por una tela humedecida, y se denomina termómetro húmedo. El método de uso se basa en el fundamento que la evaporación del aire está relacionada con la humedad relativa ambiente, y al irse evaporando el agua se extrae calor del bulbo del termómetro húmedo por lo que el registro de temperatura es más bajo. (Plano, 1995)

En el análisis de los datos obtenidos se debe considerar que la diferencia de los datos obtenidos por los dos termómetros sirve para calcular el grado higrométrico del aire.

Para graficar ello, consideremos el siguiente ejemplo. Si el termómetro seco registra 20°C y termómetro húmedo registra 15°C, el valor obtenido de la diferencia entre ambos se busca en la tabla y se ubica el valor de la Humedad Relativa.

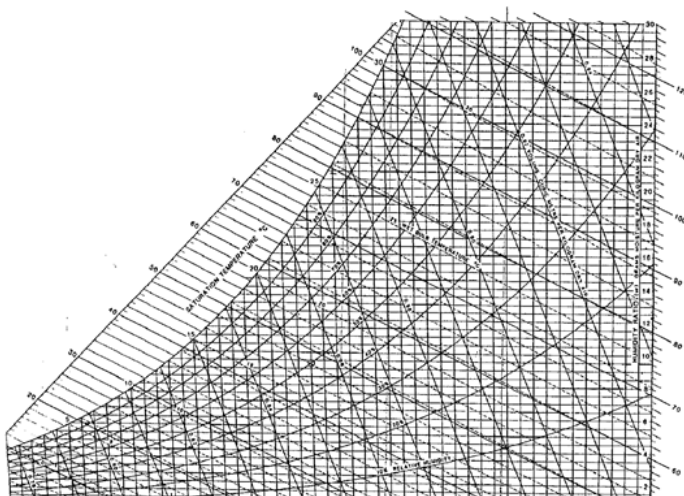


Gráfico N°2: plano psicométrico. (Plano, 1995)

Interpretación del grafico psicométrico.

El grafico psicométrico nos permite determinar las características del aire húmedo.

Para determinar las características del aire húmedo deberemos de considerar y ubicar en el grafico psicométrico los datos de la temperatura termómetro bulbo seco, temperatura bulbo húmedo, humedad relativa, humedad absoluta y temperatura del punto de rocío. (Plano, 1995)

Los resultados que se obtendrán en el análisis de los datos ubicados en el plano psicométrico dependen de cómo se vayan produciendo la ubicación de los datos.

Movimientos en plano psicométrico.

Movimiento vertical: Moverse en un punto de la abscisa en forma vertical equivale a mayor humedad (más gramos de agua por kg de aire seco). Además, si se avanza verticalmente se van cortando las líneas de humedad relativa hasta llegar al 100%.

Movimiento horizontal hacia la izquierda: Hacerlo desde un punto inicial, equivale a enfriar el aire sin alterar la humedad absoluta, hasta llegar a la curva 100% de saturación que ahora es de condensación.

Movimiento horizontal hacia la derecha: Calentamos el aire sin alterar su humedad absoluta.

Movimientos oblicuos: Es la componente de los dos vectores en los dos sentidos expuestos, por ejemplo: 1 kg de aire a 25°C y con un 50% de humedad relativa pase a 36°C con un 40% de humedad relativa; aumento 11°C y debimos agregarle 5 gr de agua.

Existe la posibilidad de que el recorrido coincida en cualquier línea isoentálpica, esta línea oblicua con esa inclinación tiene la propiedad de que los desplazamientos a lo largo de ella se pueden realizar sin aportes externos de energía, simplemente agregando agua o dejándola vaporizar. Esto es posible porque el calor sensible ha sido transformado en latente para vaporizar el agua.

Ejemplo: en el punto A tenemos 1 kg de aire a 41°C con un 10 % de humedad relativa (gri 100 % HR = 52,01 10% HR = 5,20 gri) es enfriado, punto B, a 25°C y se le aportan 6,5 gramos de agua por kg de aire lo que nos da una HR de 58% (gri máximo a 25°C 20,16 5,2 gr + 6,5 gr = 11,7 gr $11,7/20,16 = 0,58$.)

Con este Principio funciona el enfriamiento evapora TiVo, el fogging y la eliminación de calor por jadeo.

El límite para este enfriamiento esta dado por la curva de saturación (100%).

5.1.5. Punto de Rocío.

Se define como punto de rocío al cambio de estado de un masa de aire que contiene una cierta cantidad de vapor de agua. Este cambio de estado se produce porque al enfriarse sin variar la presión llega el momento en el cual el aire estará saturado de vapor de agua y ya no podrá contener la cantidad de gramos de vapor por kg de aire seco, entonces el vapor condensara y pasara de un estado gaseoso a líquido.

5.1.6. Contaminación del Aire.

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaria de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

La contaminación del aire incluye a todas aquellas impurezas, que en concentraciones lo suficientemente elevadas, puedan llegar a producir efectos nocivos sobre una población de animales.

Los contaminantes del aire pueden ser transportados en todas las direcciones. El transporte vertical de los contaminantes se ve influenciado por el gradiente de temperatura presente, mientras que el transporte horizontal de los contaminantes va a verse modificado por el movimiento del aire que pudiera ocurrir.

A su vez, cabe destacar que los contaminantes del aire en un galpón están constituidos por: Contaminantes gaseosos y partículas.

Las contaminaciones de tipo gaseosa en los edificios de cría de cerdos son generadas por:

La Calefacción: Según el combustible utilizado para la afección de los cerdos, se generarán diferentes contaminantes. Si la combustión es completa solo se incorporará agua y anhídrido carbónico, pero si es incompleta estaremos incorporando monóxido de carbono.

El Metabolismo de los animales: Los cerdos al inspirar hacen llegar oxígeno del aire a los pulmones, el oxígeno se une a la sangre y es dirigido a los tejidos para combinarse con los distintos compuestos químicos que resultan de la digestión de los alimentos consumidos, produciendo una combustión (reacción química que se produce entre el oxígeno y un material oxidable) de la que resulta la producción de energía, anhídrido carbónico y agua. El anhídrido carbónico es liberado del organismo a través de la sangre venosa e intercambiado por el oxígeno en los alveolos pulmonares y exhalado por el animal al medioambiente. Cuando se trata del metabolismo de proteínas además se produce ácido úrico, que se excreta con la orina y mediante acción bacteriana libera amoníaco.

Las partículas que contaminan el aire provienen del polvillo aportado por los animales, el alimento y otros aportes de exterior de los edificios. El polvillo de un edificio de cría de cerdos está compuesto por detritus celulares epidérmicos, partículas de alimento, partes de pelos y heces desecadas. La acción del polvillo está relacionada químicamente con el tamaño de las partículas y si ellas portan agentes irritantes o agentes patógenos. Cabe destacar que el polvillo aumenta la prevalencia y la patogenicidad de ciertas enfermedades.

Niveles de contaminación

Umbral.

Mientras los contaminantes no superen determinada concentración no son nocivos y esa concentración se denomina valor umbral, para cada uno de los valores umbrales de los contaminantes hay valores mínimos de exposición para que su efecto se produzca.

Valoración.

Los contaminantes gaseosos se miden en porcentaje en volumen, pero lo más común es expresarlo en partes por millón (ppm).

Las partículas se miden en micrones y se clasifican de la siguiente forma:

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaría de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

1- Menores de 0,1 u

2- De 0,1 u a 1,0 u

3- Mayores a 1,0 u

Al polvillo se lo expresa en partículas por litro de aire.

Contaminantes gaseosos.

Para mantener la salud y el bienestar de los animales y para ofrecer un buen ambiente de trabajo al personal, se requiere una buena calidad del aire ambiental de los edificios de producción. La calidad del aire es caracterizada por el tipo de gases, polvo y microorganismos (bacterias, endotoxinas y virus) presentes.

La piel, los ojos y las mucosas del tracto respiratorio pueden resultar directamente afectados e irritados por dichos los contaminantes y así favorecer la aparición y efectos nocivos de enfermedades que pudieran aparecer. (Pedersen B. K., 3tres3, 2005)

Gases

El aire contiene numerosos gases. No obstante, los más destacados son los que se liberan de los desperdicios de animales, incluidos el amoníaco (NH_3), dióxido de carbono (CO_2), monóxido de carbono (CO) y ácido sulfhídrico (H_2S). Junto con éstos, se encuentran presentes varios compuestos olorosos, tales como las aminas, ácidos orgánicos, amidas, alcoholes, carbonilos, escaroles, sulfuros y mercaptanos.

Gas	Concentración, ppm
Amoníaco (NH_3)	20
Dióxido de carbono (CO_2)	3000
Monóxido de carbono (CO)	10
Ácido sulfhídrico (H_2S)	0,5

Tabla Nro.2. Concentraciones máximas de gases para alojamientos para animales (norma CIGR, recomendación internacional de medida como concentración de volumen). (Pedersen B. K., 3tres3, 2005)

Amoníaco (NH_3) es un gas tóxico que se genera y se libera cuando se mezclan la orina y las heces. El NH_3 tiene una densidad menor que el aire atmosférico y por lo tanto está presente en las construcciones para cerdos. El diseño de los corrales, el uso de paja y la elección del sistema de manipulación de los desperdicios afecta a la concentración de amoníaco. Por lo general, la concentración de NH_3 es baja cuando los suelos de los establos están limpios y la superficie para desperdicios es pequeña. Así pues, un suelo macizo, que esté cubierto de heces, así como un suelo de slat completo darán lugar a una elevada concentración de NH_3 .

Estudios americanos han demostrado que concentraciones de amoníaco de 50 ppm y 100 ppm reducían la ganancia de peso diario de los cerdos jóvenes en un 12% y 30%,

respectivamente, a la vez que se reducía su capacidad para eliminar bacterias de los pulmones. (Pedersen B. K., 3tres3, 2005)

Por todo lo expuesto anteriormente, numerosos trabajos recomiendan colocar en las granjas de cerdos suelos con slat parcial o completo y tecnologías para la limpieza del aire allí circulante.

Dióxido de Carbono (CO₂) de la respiración depende la captación de oxígeno del medio ambiente. El oxígeno es necesario para los procesos de oxidación del metabolismo intermedio que ocurren en los tejidos, con la producción de energía bajo la forma de ATP y como productos residuales, CO₂ y agua. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

La concentración de CO₂ dentro de los edificios varía con la densidad de animales, el régimen alimenticio y la actividad de los animales. Es correcto usar sensores de CO₂ como parte de su sistema de control, una concentración elevada de CO₂ es un indicador de mala ventilación. En condiciones normales de ventilación la concentración de CO₂ se mantiene por debajo de 2000 ppm. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Monóxido de carbono (CO) es un gas tóxico que puede ser generado por la combustión incompleta de gasolina en los motores. Sin embargo, en la producción porcina este gas no constituye un problema. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Ácido sulfhídrico (H₂S) es un gas tóxico y es su inhalación representa una de las principales causas de muerte en explotaciones animales. Este gas se forma constantemente durante la descomposición anaerobia de los excrementos. Es más denso que el aire y, a pesar de que a concentraciones elevadas es inodoro, a bajas concentraciones (< 50 ppm) tiene el típico olor a “huevo podrido”. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

El sistema de ventilación podría no ser suficientemente eficiente para extraer el H₂S por el hecho de que el gas es más pesado que el aire ambiental. Cuando se remueven o extraen los desperdicios de los fosos, se libera rápidamente el sulfuro de hidrógeno que puede alcanzar concentraciones de 50 ppm o más. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

El mayor riesgo de concentración elevada de este gas está asociado con los fosos profundos y el reciclado de residuos (Pedersen B. K., 3tres3, 2005). Puesto que el H₂S no se puede oler a concentraciones más altas, el personal podría llegar a la conclusión de que ha pasado el peligro. Pero, en el peor de los casos, tanto los cerdos como el personal pueden llegar a perder el conocimiento y morir en un período de tiempo relativamente corto de tiempo después de la exposición a concentraciones elevadas de dicho gas (tabla 2). (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaria de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

1	Olor débil
3-5	Olor repugnante
10	Concentración higiénica máxima para un día de trabajo
30	Olor repugnante muy fuerte
50-100	Pérdida de visión y dificultad para respirar
100-200	Tos y dificultad para tragar Sensación de olor inhibido después de 2-15 minutos Mareos después de 15-30 minutos
350-450	Inconsciencia y muerte después de 1 hora de exposición
500-600	Inconsciencia y muerte después de 0,5 horas de exposición
600-700	Inconsciencia y muerte después de 2-15 minutos de exposición
700-2000	Inconsciencia y muerte después de 1 minuto de exposición

Tabla N° 3. Reacción humana al ácido sulfhídrico (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

5.2 Temperatura.

Los cerdos son animales homeotermos (de sangre caliente), puesto que pueden mantener una temperatura corporal relativamente constante, dentro de unos límites estrechos, a pesar de las amplias variaciones en el ambiente climático.

La cantidad de calor que se produce por ejercicio muscular y actividad metabólica de los tejidos es igual a la cantidad de calor que se pierde al medio que los rodea. Si no se logra un equilibrio térmico, la temperatura somática profunda podría aumentar cuando la producción de calor excede a las pérdidas, e inversamente podría disminuir cuando las pérdidas de calor fueran mayores que la producción. (Plano, 1995)

Físicamente hay dos formas de almacenar o perder calor.

5.2.1. Calor sensible.

Es el fenómeno por el cual al agregar calor a un cuerpo se produce una elevación de la temperatura. Mientras el cuerpo no cambie de estado este fenómeno seguirá ocurriendo. (Plano, 1995)

5.2.2. Calor latente.

Es la cantidad de calor necesaria para producir un cambio de estado en un cuerpo, luego de ocurrido, esto el cuerpo no registrará mayores temperaturas por más calor que se le agregue. (Plano, 1995)

5.2.3. Temperatura crítica de producción.

La temperatura ambiente equilibrada con la producción de calor se la denomina zona de neutralidad térmica. Cuando la temperatura es inferior a lo requerido (pero no llega a producir la muerte) se denomina temperatura crítica inferior. Cuando la temperatura termoneutral es superada sin llegar a temperaturas letales, se denomina temperatura crítica superior. (Plano, 1995)

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaría de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

Cuando los cerdos se encuentran dentro de zonas de termo neutralidad están en zonas de eficiencia productiva.

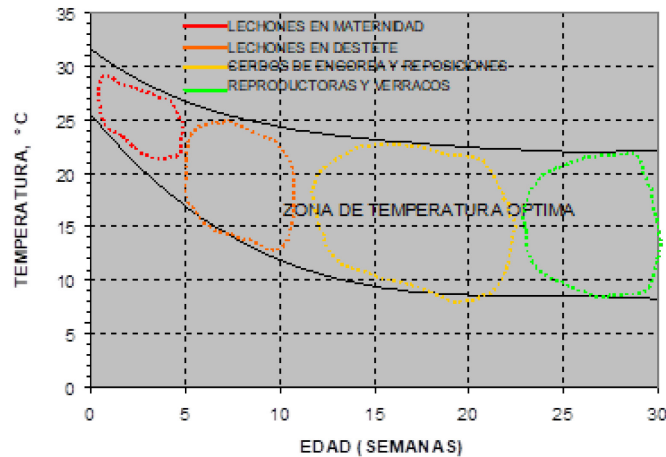


Gráfico N°2 Temperaturas optimas de producción, HR. 60%. (Ayala, s/f)

Los principales factores ambientales que afectan el desempeño productivo de los cerdos son la temperatura y la humedad relativa. Estos factores regulan la zona termoneutral en la cual se espera un máximo rendimiento productivo, valores por encima o por debajo del rango, producen estrés en el animal.

La exposición de los cerdos a estrés climático, principalmente calórico, conduce a la disminución del consumo de alimento para minimizar la cantidad de calor generado por la digestión y el metabolismo energético, resultando en bajas tasas de crecimiento, reducción de la eficiencia de la conversión alimenticia, inmunosupresión y alta mortalidad.

El contenido de vapor de agua del aire se expresa generalmente mediante la humedad relativa (HR). Los cerdos admiten con facilidad un intervalo amplio de humedad.

La humedad relativa es un indicador de la calidad del aire puesto que depende del equilibrio de calor y humedad que hay en el alojamiento. La temperatura define la presión de saturación de vapor de agua. Un pequeño cambio en el valor de temperatura, principalmente en altas humedades, tiene un efecto significativo en la humedad relativa, ya que la presión de saturación de vapor de agua cambia también.

Un ambiente seco afecta negativamente a la mucosa nasal de los cerdos y aumenta el riesgo de infecciones transmitidas por el aire. En un ambiente húmedo los patógenos podrían transferirse a través de gotitas de agua. Por lo tanto, es importante que la humedad relativa se mantenga dentro de un margen determinado.

5.2.4. Mecanismos de termorregulación.

La termorregulación es el proceso que permite al animal mantener una temperatura corporal relativamente constante equilibrando los mecanismos de producción y de pérdida de calor.

Bajo condiciones de temperaturas elevadas, los animales mantienen su homeotermia disminuyendo la producción de calor metabólico y aumentando las pérdidas de calor.

Hay dos mecanismos de mecanismos de termorregulación, uno físico relacionado con el rango con el cual el calor se pierde desde el organismo y otro químico que se relaciona con la producción del calor de los tejidos

Un animal puede perder calor por evaporación, conducción, convección y radiación.

Perdidas de calor sensible.

Conducción.

La conducción implica pérdida de calor por transferencia directa desde la superficie del animal al aire a cualquier otro objeto sólido con el que pudiera estar en contacto. Debido a la baja conductibilidad térmica del aire, la pérdida de calor por este proceso es despreciable. (Plano, 1995)

Cabe mencionar que, por debajo de la temperatura crítica inferior ocurre

Para minimizar las pérdidas de calor, el cerdo, primero recurre a mecanismos de termorregulación física, reduciendo su superficie de contacto con el medio ambiente. Se observa a los cerdos acostados sobre las zonas sin cobertura (pelos) y juntos (amontonados) para impedir las pérdidas de calor.

Por encima de la temperatura crítica superior, el cerdo aumenta la superficie de dispersión estando parado y buscando las zonas frías del corral.

Convección.

Este fenómeno se produce porque el aire que está en contacto con la superficie del animal se calienta, se dilata, y eleva, para ser remplazado por aire más frío. Es fenómeno es mayor cuando ocurre junto con movimiento de aire. (Plano, 1995)

Radiación.

El calor se pierde por radiación siempre que la temperatura de la superficie de los animales sea superior a la temperatura de los objetos y al medio ambiente que los rodea. (Plano, 1995)

Perdidas de calor latente.

La eliminación de calor por vapor se realiza por mecanismos de jadeo y se pone de manifiesto cuando se supera la temperatura crítica superior.

El agua que se evapora del tracto respiratorio al cambiar del estado líquido al vapor y arrastra calor, enfriando el organismo. (Plano, 1995)

Las pérdidas por evaporación dependen principalmente del nivel de humedad en el aire circundante. Las pérdidas por conducción, radiación y convección dependen principalmente del gradiente térmico entre la superficie del animal y el aire o los objetos próximos. (Renaudeau, 2016)

Los animales pueden evaporar agua a través de la piel y a través de las vías respiratorias. La primera respuesta de un animal es aumentar su frecuencia respiratoria y por lo tanto su pérdida de calor a través de la respiración. (Renaudeau, 2016)

Los cerdos pueden disipar menos del 50% de su producción de calor mediante evaporación respiratoria a 32°C, (Renaudeau, 2016)

Cuando la temperatura es inferior a 32° C la humedad relativa del aire no tiene mayor importancia, pero a partir de los 32°C el aumento de la humedad relativa ambiente disminuirá el gradiente de presión de vapor acuoso entre la superficie de evaporación del aparato respiratorio y el aire, disminuyendo así las pérdidas de calor latente. (Renaudeau, 2016)

Las glándulas sudoríparas de los cerdos (30/cm²) no son estimuladas por el estrés por calor, y por lo tanto los cerdos no pueden perder calor mediante la sudoración. (Renaudeau, 2016)

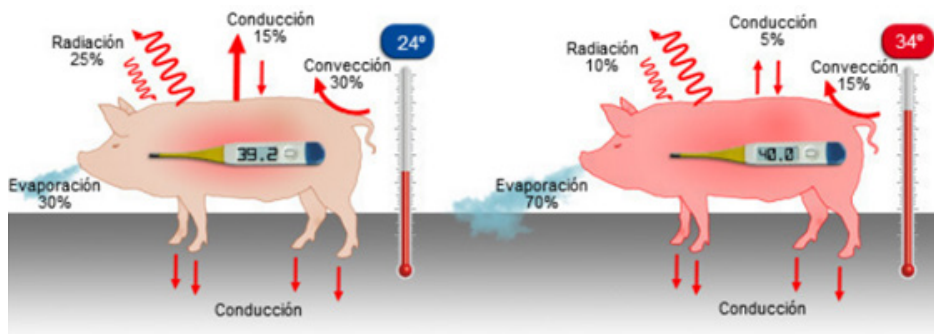


Imagen N° 1: Mecanismos de pérdida de calor. (Renaudeau, 2016)

Termorregulación química.

Cuando la temperatura cae por debajo de la temperatura crítica inferior, los mecanismos de regulación física no son suficientes para asegurar que la pérdida no exceda la producción de calor. El incremento de producción calórica será el resultado de aumentar el tono muscular, produciendo escalos fríos. Con ello, hay un aumento de calor por incremento del rango metabólico por lo que habrá mayor necesidad de ingerir alimento por necesitar mayor energía. Por esto, los lotes afectados presentarán un notorio deterioro en la conversión alimentaria. (Renaudeau, 2016)

El cerdo al ingerir mayor cantidad de alimento está ingiriendo otros nutrientes, que en realidad no necesita, ya que a ese aumento de consumo lo realiza para compensar la energía perdida. Algunos de esos elementos se eliminan por heces u orina, por lo que va a ser muy común observar diarreas relacionadas con esta mayor ingesta.

Cuando la temperatura supera los 32°C, comienza el jadeo y si la temperatura sigue subiendo, se presenta polipnea térmica, que consiste en un aumento de la frecuencia y aumento de la profundidad respiratoria. Este incremento de la función respiratoria causa hiperventilación, hipocapnia, alcalosis y a medida que aumenta la hipertermia, el ritmo respiratorio aumenta, junto con ello hay una reducción de los constituyentes de la sangre como el sodio, calcio, fosforo, glucosa, colesterol, magnesio y proteínas, cambios en el pH de la sangre, anoxia tisular, pérdida de fluidos corporales, fallo renal

y cardiaco, shock hepático y muerte. Al presentarse estos últimos cinco puntos se da una postración muy típica e irreversible. La concentración de K en sangre primero cambia y luego retorna a los niveles normales. (Plano, 1995)

Los cerdos para defenderse del stress térmico reducen el consumo de alimento por lo que ingresa en un déficit energético, comenzando a utilizar sus reservas de glucógeno, para luego continuar con la movilización de proteínas, grasas y finalmente proteínas estructurales.

Las consecuencias más desfavorables de stress térmico van desde la reducción de crecimiento hasta mortandad.

5.2.5. Relación entre la temperatura ambiente y el diseño de los edificios.

La temperatura es una intensidad de calor y se mide en grados, en cambio la cantidad de calor es una magnitud que depende de la temperatura del cuerpo, de su masa y del calor específico de dicho cuerpo y se mide en calorías. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

El objetivo del diseño del edificio es mantener la temperatura ambiente dentro de la zona termoneutral de los animales, que abarca desde la temperatura crítica más baja hasta el punto en el que la tasa metabólica se reduce seriamente por estrés de calor y por encima de la zona termoneutral el animal reduce su actividad, aumenta la frecuencia respiratoria y reduce la ingesta de alimento. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Balance térmico

El cálculo de balance térmico (pérdidas y ganancias de calor) de un edificio destinado a la producción de cerdos exige tener en cuenta los siguientes parámetros y conocer del sistema de construcción y de los materiales empleados en la construcción del edificio. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Carga por calor animal.

Es la cantidad de calor que en la zona de termoneutralidad es capaz de producir la población total de cerdos que albergara el edificio.

La producción de calor animal se puede expresar en vatios (W) o unidades productoras de calor por animal. Una unidad productora de calor es igual al número de animales necesario para producir 1.000 W a 20 °C.

La producción de calor animal y las necesidades de temperatura varían con la etapa de la reproducción, con la ingesta de alimento y con las condiciones ambientales.

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaría de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

Categoría	Peso, kg/animal	Unidades productoras de calor/animal	Temperatura recomendada, °C
Cerdo neonato	1	-	30-34
Lechón	5	0,04	26-32
Cerdo destetado	15	0,08	20-22
Cerdo destetado	25	0,11	15-20
Cerdo en cebo	50	0,17	15-20
Cerdo en cebo	70	0,21	15-20
Cerdo en cebo	90	0,24	15-20
Cerda gestante	175	0,30	15-20
Cerda lactante	175	0,44	15-18

Tabla N°4: Unidades productoras de calor por animal y temperaturas recomendadas. (Pedersen B. K., 3tres3, 2005)

Temperatura de diseño.

El estudio de balance térmico es necesario para fijar las condiciones básicas de temperatura exterior del galpón. Por razones económicas no se justifica tomar valores extremos, que ocurren aisladamente.

Pérdidas de calor del edificio hacia el exterior.

En condiciones invernales hay una disipación del calor desde el galpón al exterior. Para solucionar esto es necesario controlar estas pérdidas de calor con materiales aislantes que tienen una acción retardadora del flujo calorífico reduciéndose los costos de calefacción.

El equilibrio térmico del edificio se puede definir de la manera siguiente:

$$Q_{animal} + Q_{artificial} = Q_{edificio} + Q_{ventilación}$$

La pérdida de calor por el edificio y la ventilación depende de la diferencia entre la temperatura exterior e interior. Cuanto mayor sea la diferencia de temperaturas evaluadas, mayor será la pérdida de calor.

Los materiales aislantes, además de controlar las pérdidas de calor, evitan la condensación, ya que mantiene la superficie interior del techo y laterales a temperaturas muy próximas a la de superficie de crianza y superior al valor del punto de rocío.

La cubierta (laterales y techos) de los edificios deben de garantizar el correcto intercambio de calor con el exterior en los meses de verano y mantener las temperaturas en los meses más fríos del año. Para ello es necesario analizar el comportamiento térmico de los materiales de construcción que se utilizaran.

5.2.6 Comportamiento Térmico de los Materiales de Construcción.

Coeficiente de conductividad térmica.

Es la cantidad de calorías que pasa durante una hora, por un metro cuadrado de un material de un metro de espesor cuando la diferencia de temperatura es de 1°C. De esta forma se determina el poder de transmisión de calor de un cuerpo.

La pérdida calórica es proporcional al coeficiente, es por esta razón que los materiales aislantes deben de tener un valor tan pequeño como sea posible.

Coeficiente de transmisión del calor.

Entre un medio que está a una determinada temperatura (T1) y otro que está a una temperatura inferior (T2), ambos separados por un material de superficie (Sm2), se produce cada hora un flujo de calor (Kcal) expresada por la siguiente formula:

$$Q = K.S.(T1-T2)$$

El coeficiente K es el coeficiente de transmisión del calor de una sustancia determinada.

Para realizar cálculos prácticos se utiliza por lo general la resistencia térmica (R) que es igual a 1/K.

La resistencia térmica de un material representa la capacidad del material de oponerse al flujo del calor. En el caso de materiales homogéneos es la razón entre el espesor y la conductividad térmica del material; en materiales no homogéneos la resistencia es el inverso de la conductancia térmica.

Ahorro de energía.

Aplicando la formula $Q = K.S. (t1 - t2)$ se pueden conocer las Kcal por hora que se fuga por el techo y los laterales de un galpón, en donde:

K: coeficiente de transmisión calorífica

T1: Temperatura de crianza dentro del edificio

T2: Temperatura ambiente fuera del edificio

S: Superficie

Dentro de los materiales aislantes nombrados anteriormente, se pueden destacar a los siguientes por su potencial uso en instalaciones porcinas:

Cámara de aire.

Entre las dos caras, caliente y fría, delimitan una cámara de aire, los intercambios térmicos se realizan por conducción, convección y radiación.

Panes de espuma de poliestireno.

Están formados por espuma rígida de poliestireno expandido, formando una estructura celular cerrada. Cabe señalar que este material no es atacado por agentes atmosféricos y es resistente a la acción biológica de hongos y bacterias. y a agentes físicos como la humedad.

Fibra de vidrio.

Es un material fabricado por un proceso de estirado por centrifugado. Las fibras obtenidas se entrelazan e inmovilizan el aire en su interior. Es estable, resistente a agentes químicos, incombustible e imputrescible y refractaria a los agentes atmosféricos.

5.3. Humedad Relativa Ambiente.

Como ya definimos anteriormente la humedad relativa ambiente es el cociente porcentual entre la cantidad de vapor presente en el aire a una determinada temperatura y la cantidad máxima de vapor de agua que podría contener. (Plano, 1995)

Los distintos valores de humedad relativa ambiente que se pueden ir registrando pueden variar según se consideren: (Plano, 1995)

Hora del día.

Clínicamente ocurre una variación de la humedad relativa, esta variación ocurre en todos los climas, pero sobre todo en verano, a medida que las horas vayan transcurriendo la humedad irá bajando. (Plano, 1995)

Época del año.

Es relacionado con la variación anual de la temperatura y el régimen de lluvias de la zona en donde se instale la granja. (Plano, 1995)

Temperatura de producción.

A mayor temperatura del aire mayor será su capacidad de contener agua, por lo tanto, si el aire exterior es calentado su humedad relativa bajara. (Plano, 1995)

Debemos de tener en cuenta que, en el caso de utilizar mecanismos de calefacción en el interior de los galpones, el vuelco del producto de la combustión en el interior del galpón aportará agua. Si el tiraje es hacia el exterior, aumenta la temperatura sin agregar agua, produciendo un ambiente seco. (Plano, 1995)

Aporte animal.

El tamaño de los animales y las densidades de crianza por unidad de superficie influyen debido a que los cerdos eliminan agua por las excretas y por vapor de agua por la respiración. La eliminación de agua por vapor de agua va a variar según la época del año. (Plano, 1995)

Calefacción.

El uso o no de calefacción y su tipo influirá en los valores de humedad relativa del edificio. Dependiendo del tiraje de los sistemas de calefacción agregaremos o no agua

al ambiente. Si elevamos el agua en el ambiente vamos a elevar los valores de humedad relativa y esto está directamente relacionada con la contaminación ambiental, a mayor humedad en el ambiente mayor será el crecimiento de la población microbiana. (Plano, 1995) En invierno tenemos que tener en cuenta este concepto para seleccionar nuestros sistemas de calefacción y programar nuestra ventilación. (Plano, 1995)

5.3.1. Índice de Confort.

Para calcular el Índice de Confort debemos previamente calcular la temperatura en el punto de condensación (Tpc) (tabla N°5).

Temperatura de Punto de Condensación (Tpc)	
Tpc :: $\frac{237,7 \times f(Tbs, HR)}{17,27 - f(Tbs, HR)}$	Tbs :: Temp. De bulbo seco
	HR :: Humedad Relativa.
f (tbs, HR) :: $\frac{17,27 \times Tbs + \ln (HR)}{237,7 + Tbs}$	
Tbs (°C) :: 30,00	
HR (%) :: 60,00 %	
f(Tbs,HR) :: 1,42	
Tpc (°C) :: -5,90 °C	

Tabla N°5: Temperatura de punto de condensación (Ayala, s/f)

Una vez que contamos con la Tpc podemos realizar una correcta parametrización de nuestros sistemas en las diferentes épocas del año con el cálculo del índice de confort (tabla N°6) de los cerdos teniendo en cuenta la humedad y la temperatura.

Índice de Humedad y Temperatura (THI)

$$\text{THI} :: \text{Tbs} + (0,36 \times \text{TPC}) + 41,2.$$

$$\text{Tbs (°C)} :: 30,00$$

$$\text{HR (\%)} :: 60,00\%$$

$$\text{THI} :: 79$$

Si la HR cambiara la Tbs necesaria para mantener el mismo THI es:

$$\text{HR (\%)} :: 80,00\%$$

$$f(\text{Tbs,HR}) :: 1,71$$

$$\text{Tpc (°C)} :: 26,16$$

$$\text{Tbs (°C)} :: 28,38$$

Tabla N°6: Índice de confort. (Ayala, s/f)

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaría de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

INDICE DE O.A 5 SEMANAS										
HR(%)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Tbs (°C)										
0	31	34	36	37	38	39	39	40	41	41
1	32	35	37	38	39	40	41	41	42	43
2	34	37	38	40	41	41	42	43	43	44
3	35	38	40	41	42	43	44	44	45	45
4	36	39	41	42	43	44	45	46	46	47
5	38	40	42	44	45	45	46	47	47	48
6	39	42	44	45	46	47	48	48	49	49
7	40	43	45	46	47	48	49	50	50	51
8	41	44	46	47	49	49	50	51	52	52
9	43	46	47	49	50	51	52	52	53	53
10	44	47	49	50	51	52	53	54	54	55
11	45	48	50	51	53	53	54	55	56	56
12	45	50	51	53	54	55	56	56	57	58
13	48	51	53	54	55	56	57	58	58	59
14	49	52	54	55	57	57	58	59	60	60
15	50	53	55	57	58	59	60	60	61	62
16	52	55	57	58	59	60	61	62	62	63
17	53	56	58	59	61	62	62	63	64	64
18	54	57	59	61	62	63	64	64	65	66
19	55	59	61	62	63	64	65	66	66	67
20	57	60	62	63	65	66	66	67	68	68
21	58	61	63	65	66	67	68	68	69	70
22	59	62	65	66	67	68	69	70	71	71
23	61	64	66	67	69	70	70	71	72	72
24	62	65	67	69	70	71	72	73	73	74
25	63	66	68	70	71	72	73	74	75	75
26	64	68	70	71	73	74	74	75	76	77
27	66	69	71	73	74	75	76	77	77	78
28	67	70	72	74	75	76	77	78	79	79
29	68	72	74	75	77	78	78	79	80	81
30	69	73	75	77	78	79	80	81	81	82
31	71	74	76	78	79	80	81	82	83	83
32	72	75	78	79	80	82	82	83	84	85
33	73	77	79	81	82	83	84	85	85	86
34	75	78	80	82	83	84	85	86	87	87
35	76	79	82	83	84	86	87	87	88	89
36	77	81	83	84	86	87	88	89	89	90
37	78	82	84	86	87	88	89	90	91	92
38	80	83	85	87	88	90	91	91	92	93
39	81	84	87	88	90	91	92	93	94	94
40	82	86	88	90	91	92	93	94	95	96
41	83	87	89	91	92	94	95	95	96	97
42	85	88	91	92	94	95	96	97	98	98
43	86	90	92	94	95	96	97	98	99	100
44	87	91	93	95	96	98	99	100	100	101
45	88	92	95	96	98	99	100	101	102	102

Tabla N°7: Valores de THI para cerdos de 0 a 5 semanas de vida. (Ayala, s/f).

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaria de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

INDICE DE 15 A 30 SEMANAS										
HR(%)	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Tbs (°C)										
0	31	34	36	37	38	39	39	40	41	41
1	32	35	37	38	39	40	41	41	42	43
2	34	37	38	40	41	41	42	43	43	44
3	35	38	40	41	42	43	44	44	45	45
4	36	39	41	42	43	44	45	46	46	47
5	38	40	42	44	45	45	46	47	47	48
6	39	42	44	45	46	47	48	48	49	49
7	40	43	45	46	47	48	49	50	50	51
8	41	44	46	47	49	49	50	51	52	52
9	43	46	47	49	50	51	52	52	53	53
10	44	47	49	50	51	52	53	54	54	55
11	45	48	50	51	53	53	54	55	56	56
12	45	50	51	53	54	55	56	56	57	58
13	48	51	53	54	55	56	57	58	58	59
14	49	52	54	55	57	57	58	59	60	60
15	50	53	55	57	58	59	60	60	61	62
16	52	55	57	58	59	60	61	62	62	63
17	53	56	58	59	61	62	62	63	64	64
18	54	57	59	61	62	63	64	64	65	66
19	55	59	61	62	63	64	65	66	66	67
20	57	60	62	63	65	66	66	67	68	68
21	58	61	63	65	66	67	68	68	69	70
22	59	62	65	66	67	68	69	70	71	71
23	61	64	66	67	69	70	70	71	72	72
24	62	65	67	69	70	71	72	73	73	74
25	63	66	68	70	71	72	73	74	75	75
26	64	68	70	71	73	74	74	75	76	77
27	66	69	71	73	74	75	76	77	77	78
28	67	70	72	74	75	76	77	78	79	79
29	68	72	74	75	77	78	78	79	80	81
30	69	73	75	77	78	79	80	81	81	82
31	71	74	76	78	79	80	81	82	83	83
32	72	75	78	79	80	82	82	83	84	85
33	73	77	79	81	82	83	84	85	85	86
34	75	78	80	82	83	84	85	86	87	87
35	76	79	82	83	84	86	87	87	88	89
36	77	81	83	84	86	87	88	89	89	90
37	78	82	84	86	87	88	89	90	91	92
38	80	83	85	87	88	90	91	91	92	93
39	81	84	87	88	90	91	92	93	94	94
40	82	86	88	90	91	92	93	94	95	96
41	83	87	89	91	92	94	95	95	96	97
42	85	88	91	92	94	95	96	97	98	98
43	86	90	92	94	95	96	97	98	99	100
44	87	91	93	95	96	98	99	100	100	101
45	88	92	95	96	98	99	100	101	102	102

Tabla N°8: Valores de THI para cerdos de 15 a 30 semanas de vida. (Ayala).

Referencias.

FRIO	TIBIO
POCO FRIO	CALIENTE
OPTIMO	CALOR SEVERO

5.4. Ventilación

La cantidad de aire que circula por un edificio de producción de cerdos se debe de controlar al igual que el consumo de agua y alimento.

La función del aire que circula no solo está relacionada con la respiración animal, sino que también con aporte de oxígeno a la combustión de los calefactores, dilución de los contaminantes bacterianos, químicos y físicos y la eliminación de calor animal. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

El sistema de ventilación es una parte central de las instalaciones modernas de producción de cerdos y debe estar integrado en el edificio para conseguir un ambiente aceptable. La falta de control puede dar lugar a un fallo ambiental y como consecuencia podría producirse un comportamiento anómalo en los animales tal como mordeduras de cola o problemas sanitarios. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Todos los sistemas de ventilación se basan en el mismo principio, es decir, cuando el aire frío del exterior se desplaza a través del edificio, capta humedad y calor. Pero además elimina gases y polvo. El calor y el agua proceden de los animales, y de otras fuentes como las superficies húmedas como los slats y las fosas de purines. En una situación invernal el sistema de ventilación controla principalmente el contenido de humedad del aire. Puede ser necesaria la adición de calor para aumentar la capacidad de retención de agua del aire (reduciendo la humedad relativa) y/o para mantener la temperatura adecuada. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Un sistema de ventilación sólo funcionará correctamente si la explotación está bien aislada y exenta de fugas. El aislamiento es necesario para mantener el edificio caliente y para evitar la condensación. Dado que la temperatura y el contenido de humedad del aire entrante son habitualmente más bajos que los del interior, ese aire se llevará calor y humedad. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Durante la temporada de calor el sistema de ventilación elimina principalmente calor del edificio. Además, el sistema de ventilación podría servir como parte de un sistema de refrigeración artificial para proteger a los animales de temperaturas elevadas extremas. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

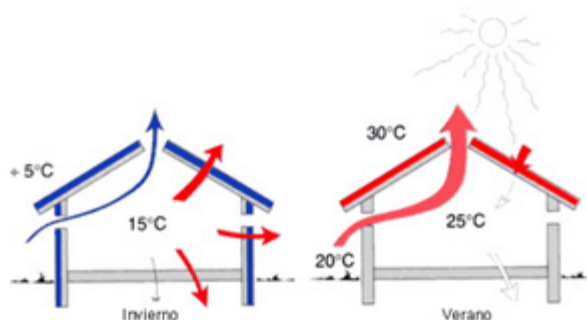


Gráfico N°4: Función principal de un sistema de ventilación. (Pedersen B. , 3tres3, 2005).

Los siguientes conceptos básicos de movimiento del aire son claves para manejar una ventilación adecuada.

A medida que el aire se calienta, se expande y aumenta su capacidad de retener humedad.

Este concepto es fundamental para entender la ventilación en tiempo frío. Cuanto más se caliente el aire, menor será la humedad relativa y, por lo tanto, más humedad se puede almacenar y extraer del edificio. Por lo tanto, en las épocas de tiempo fresco se necesitan frecuencias de ventilación más bajas. (Zimmerman, 3tres3, 2001)

El aire frío desciende, el aire caliente sube

Esta característica tiene importancia en varios aspectos de la ventilación. En primer lugar, en tiempo frío el aire fresco tiende a descender al suelo y obliga al aire caliente a elevarse, que es lo contrario de lo que deseamos. En segundo lugar, en épocas de tiempo muy cálido, apenas se produce este efecto "chimenea" en el movimiento del aire, de manera que un edificio con ventilación natural se ventila con una frecuencia más baja en épocas de tiempo más cálido. (Zimmerman, 3tres3, 2001)

Al aumentar la velocidad de la entrada de aire se obliga al aire frío a subir y permanecer más tiempo.

Esto es muy importante para ajustar las entradas de ventilación. Si podemos conseguir que la corriente de aire de entrada principal circule por el edificio a mayor velocidad, se creará una corriente secundaria por debajo. Esto permite que se mezcle y se temple el aire antes de llegar a los cerdos, evitando su enfriamiento. (Zimmerman, 3tres3, 2001)

La turbulencia (rozamiento) disminuye la velocidad.

A medida que el aire penetra en la sala, si choca con otras superficies, como lámparas, alimentadores continuos, etc., la turbulencia provocará que el aire frío caiga al suelo. Al diseñar los edificios, es importante tener en cuenta la localización de todo lo que suponga una obstrucción a la corriente de aire. (Zimmerman, 3tres3)

A medida que aumenta la presión estática, aumenta la velocidad.

La presión estática es una medida de la cantidad de vacío creado en la sala por los ventiladores. Una presión estática mayor indica mayor vacío y, por lo tanto, una mayor velocidad del aire que penetra por las entradas. Si la presión estática (velocidad) llega a ser demasiado elevada, queda limitado el rendimiento de los ventiladores. Si es demasiado baja, el aire frío de entrada descenderá al suelo demasiado rápidamente. (Zimmerman, 3tres3, 2001)

El aire húmedo es más ligero que el aire seco.

A medida que el aire capta humedad, se eleva. Ese es otro concepto importante de la ventilación natural, ya que la humedad de la sala tenderá a desplazarse hacia arriba. (Zimmerman, 3tres3, 2001)

5.4.1. Movimiento y velocidad del aire.

Debemos de evitar y controlar las velocidades de aire para evitar el efecto de percepción de enfriamiento del viento (sensación térmica).

A medida que los cerdos van creciendo se van volviendo más resistentes a los efectos del enfriamiento del aire en movimiento.

El movimiento del aire no produce una baja en la temperatura en sí, lo que realmente produce es una percepción de menor temperatura por parte de los animales, este concepto es conocido como sensación térmica.

No se deben de confundir conceptos de ventilación con los conceptos de refrigeración del aire.

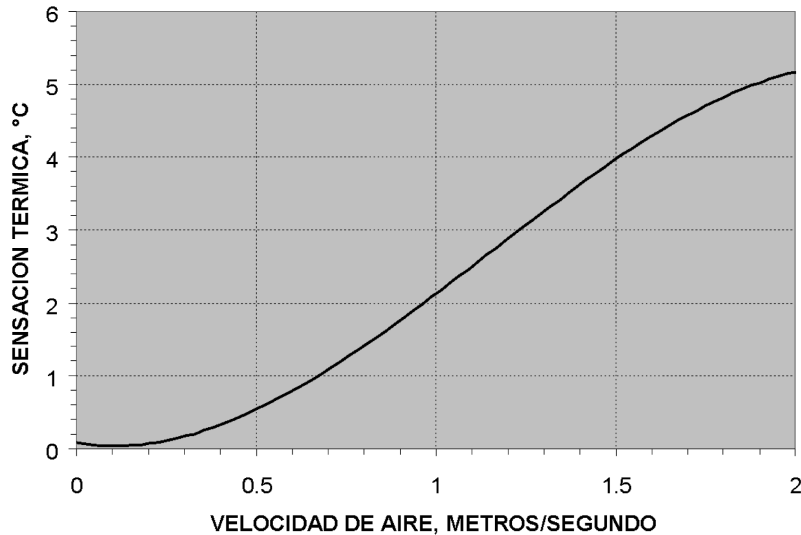


Gráfico N°5 Relación entre la velocidad de aire y la percepción de temperatura del cerdo. (Pedersen B. , 3tres3, 2005).

5.4.2. Sistemas de Ventilación.

Se pueden clasificar atendiendo al método que se utiliza para mover el aire por el edificio. Una primera clasificación sería la de ventilación natural y ventilación forzada.

Cabe destacar que cada uno de los sistemas que a continuación van a nombrarse, tienen sus ventajas e inconvenientes, pero merece destacar que el rendimiento productivo es similar en ensayos que comparan tipos de ventilación cuando se mantienen sin cambios de presión de trabajo y consumo de energía. De modo que, si el sistema de ventilación y el edificio están correctamente dimensionados, el rendimiento será independiente del tipo de sistema de ventilación empleado. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

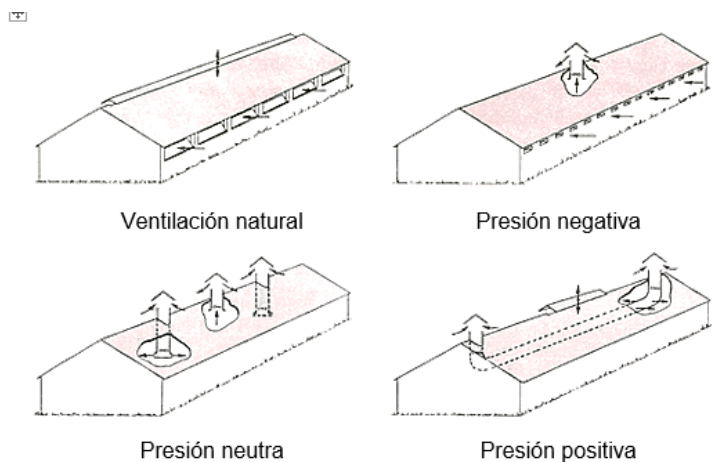


Figura 1. Tipos de ventilación

Gráfico N°6 Tipos de ventilación. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Ventilación natural.

La ventilación natural la generamos abriendo las cortinas del galpón, permitiendo ingresar un gran volumen de aire exterior, con lo que las condiciones interiores llegan a igualar pronto a las condiciones exteriores. Este sistema, entonces, depende de la diferencia de temperatura interna y externa y de la estratificación de la masa de aire más caliente y menos caliente. Siendo la masa de mayor temperatura la más liviana y contaminada y con tendencia a elevarse al centro del galpón. El aire frío tiende a caer y cuanto mayor es la diferencia de altura entre la entrada y la salida de aire, mayor efecto tendrá un sistema de chimenea para eliminar el aire de mayor temperatura y contaminación. Un sistema de ventilación natural es aceptable siempre y cuando la diferencia entre la temperatura exterior y la temperatura deseada interior no sea mayor de 8°C. Por este motivo no es útil en zonas geográficas en donde las temperaturas sean elevadas, ya que hará falta una gran masa de aire frío para enfriar el interior de un galpón. Este sistema tampoco será recomendable para zonas geográficas con vientos fríos (invierno). El ancho de los galpones es otro punto a tener en cuenta, no se recomienda de utilizar este tipo de ventilación en galpones anchos. Si bien el sistema de ventilación natural permite un ahorro energético importante, debemos de tener en cuenta que no permite controlar el volumen de aire o caudal de aire ingresado dentro del galpón y que depende del viento exterior. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Ventilación Forzada.

Este tipo de ventilación permite remover cantidades de aire controladas tanto en volumen como en velocidad.

Se las puede de clasificar por presurización o succión de aire.

Los más usados por extracción pueden ser de dos tipos: ventilación cruzada o ventilación por túnel. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Ventilación mecánica con ventiladores.

Aquella que ingresa aire al galpón y la distribuye en el interior del galpón, permitiendo un control mucho mejor de la temperatura. Aplica para galpones abiertos instalando ventiladores de tamaño moderado (36" y 48" de diámetro) para mover aire en el interior del galpón. El aire fresco se mezcla con el aire interior, la corriente de aire desaloja el calor acumulado en el interior y lo expulsa hacia fuera. La instalación de sobre techos o techos falsos favorece el movimiento de aire y aísla del calor directo reflejado del techo. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Redistribución tipo circuito (vertical).

Este tipo de ventilación forzada por presión positiva (impulsa el aire) se utiliza, generalmente, en Maternidad y Destete. (Ayala, s/f)

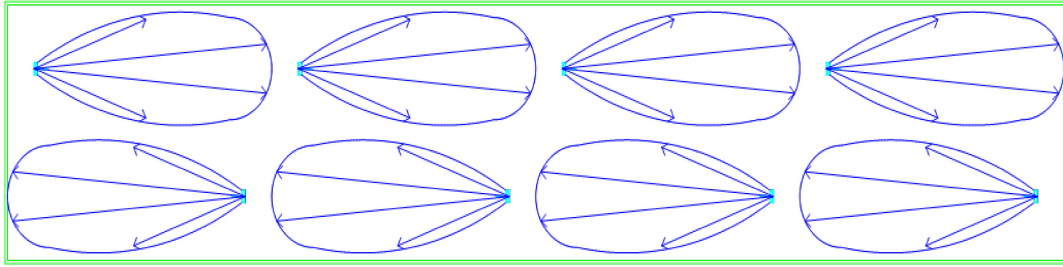


Gráfico N°7 Redistribución de aire por circuito vertical. (Ayala, s/f)

Redistribución tipo circuito (horizontal).

Es un circuito de aire impulsado de forma horizontal a la dirección del galpón por ventiladores (ventilación forzada) que generalmente se utiliza en Gestación y Terminación. (Ayala, s/f)

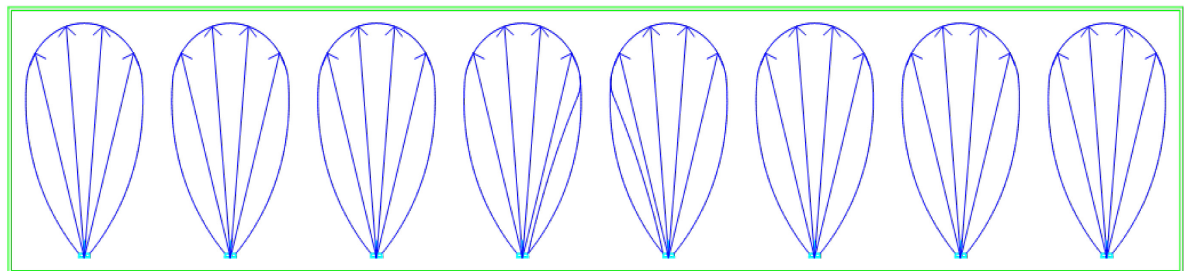


Gráfico N°8 Redistribución de aire por circuito horizontal. (Ayala)

Ventilación por presión negativa.

Dicha ventilación consiste en introducir y extraer el aire al interior del galpón de forma controlada, generando un vacío dentro del galpón. En una culata se instalan ventiladores que sacan el aire y en la otra el aire ingresa a través de paneles valorativos cargando el aire de humedad y bajando su temperatura. El objetivo de este sistema es recambiar el volumen de aire contenido dentro de un galpón en un minuto. (Ayala, s/f)

Claves en la ventilación negativa.

Recambio completo de aire en 40 segundos o menos

Tener no más que tres grados de diferencia desde la entrada (los paneles) hasta la salida (Extractores) del galpón.

Tener un galpón hermético.

Universidad Nacional de la Plata
Facultad de Ciencias Veterinarias – Secretaria de Posgrado
Especialización en Sanidad y Producción Porcina

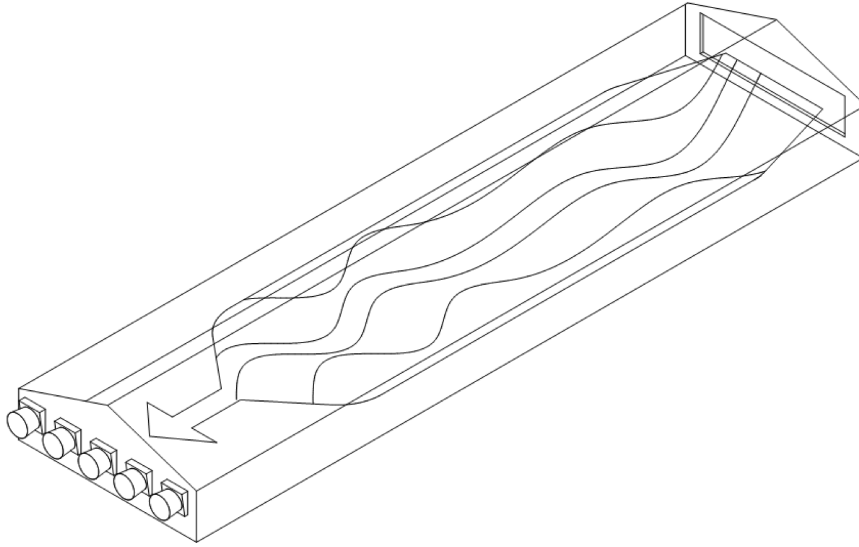


Gráfico N°9: Ventilación presión negativa por túnel (Ayala, s/f)

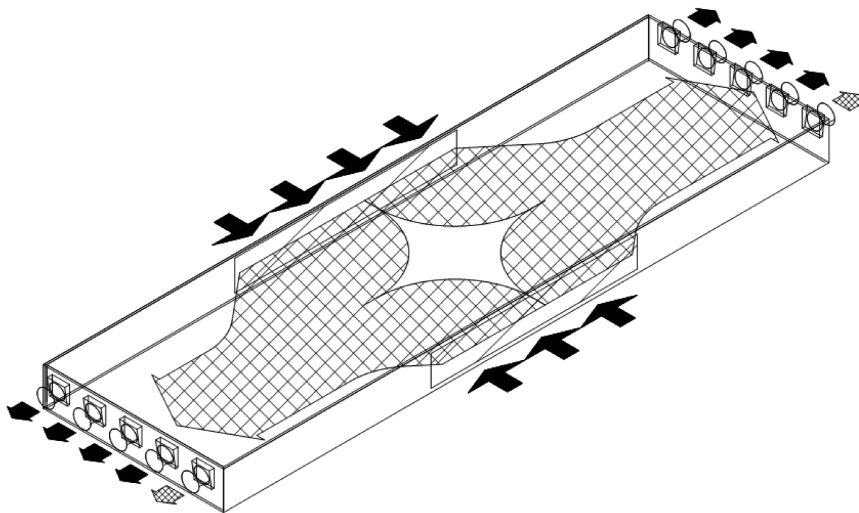


Gráfico N°10: Ventilación presión negativa por túnel en dos direcciones (Ayala)

Recomendado para galpones de grandes longitudes.

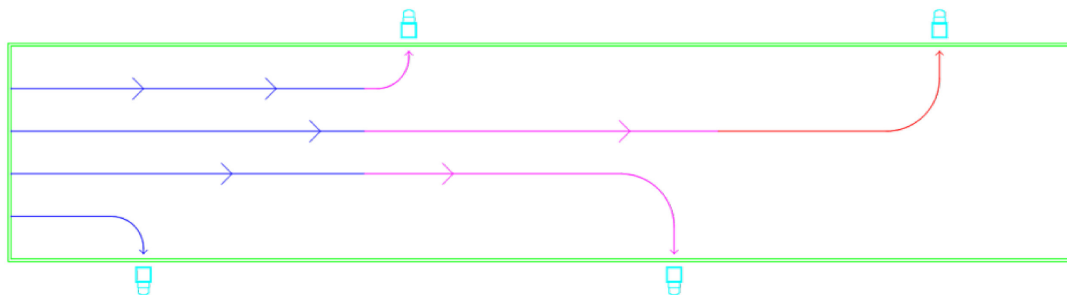


Gráfico N°10: Ventilación Lateral. (Ayala, s/f)

Cortinas en un extremo – extractores laterales.

Ventilación positiva

Consiste en instalar ventiladores en las paredes laterales del galpón los cuales empujan aire del exterior hacia el interior simulando un efecto similar a inflarlo. El flujo de aire producido por un sistema de presión positiva es menos uniforme y regular que los que producen los sistemas de presión negativa. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

5.4.3. Cálculos de Ventilación Forzada.

$$\text{Área (A)} = W \times H_s$$

$$\text{Volumen (V)} = A \times L$$

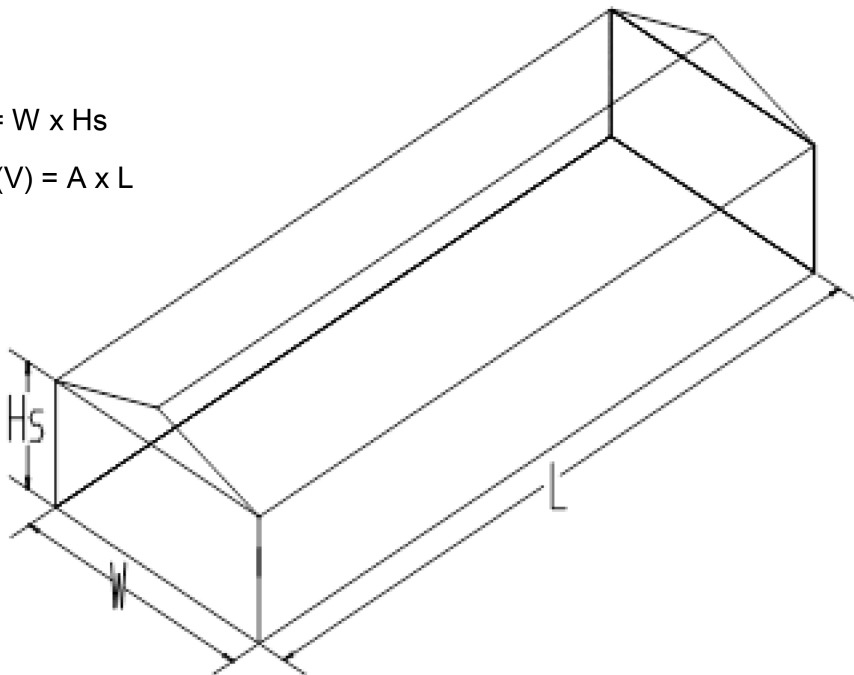


Gráfico N°11: Calculo de flujo de aire con cielo raso (Ayala)

$$\text{Área (A)} = W \times (H_s + (H_p/2))$$

$$\text{Volumen (V)} = A \times L$$

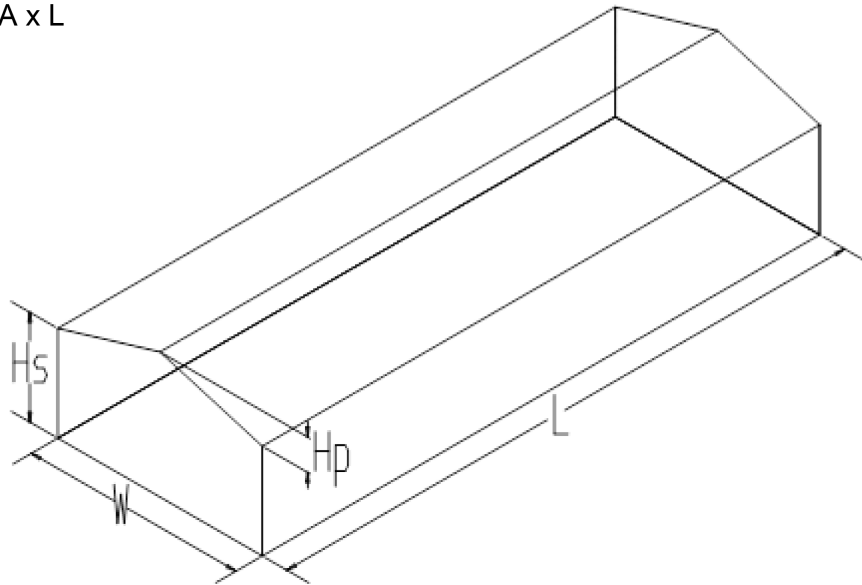


Gráfico N°12: Cálculo de flujo de aire sin cielo raso (Ayala)

$$\text{Tiempo de cambio de aire (Ax)} = (V / \text{CFM}) \times 60 \text{ (en segundos)}$$

$$\text{Tiempo de cambio de aire (Ax)} = V / (\text{MCH}/3600) \text{ (en segundos)}$$

$$\text{Velocidad de aire (Va)} = \text{CFM} / A \text{ (en pies/minuto)}$$

$$\text{Velocidad del aire (Va)} = (\text{MCH} \times 3600) / A \text{ (en metros/segundo)}$$

Existe una correlación entre la ventilación y el control de la temperatura, por lo que los cálculos no solo tenemos en cuenta la renovación de aire, sino que también deberemos de tener en cuenta los parámetros de temperatura.

Para el cálculo de ventilación se tiene en cuenta la cantidad de aire necesaria, la influencia térmica, las concentraciones de anhídrido carbónico.

La fórmula es la siguiente:

$$V = (Q_1 - Q_2) / 0,31 (Dt) = \text{m}^3/\text{h}$$

En donde es:

V: Cantidad de metros cúbicos de aire a aportar por hora

Q1: Calor total producido por los animales y las fuentes de calefacción.

Q2: Pérdida de calor por las estructuras

0,31 cal/m³: Calor específico del aire.

Dt: Diferencia entre la temperatura externa y la interna.

5.5. Refrigeración.

5.5.1. Sistema de Enfriamiento Evaporativo.

El enfriamiento de un fluido o la condensación de un gas mediante enfriamiento evaporativo es un proceso natural en el que se utiliza agua como medio de enfriamiento y el calor se disipa de forma eficiente a la atmósfera. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Principio de funcionamiento

El proceso de enfriamiento se realiza mediante un contacto aire/agua estrecha y la transferencia del calor al aire por evaporación de agua a pequeña escala. A continuación, el calor se disipa a través del aire impulsado, saturado y caliente. (Pedersen B. , 3tres3, 2005)

Ventajas del sistema.

Consumo mínimo de agua

Con una buena regulación de los tiempos de mojado y con un sistema de recirculación de agua la utilización de los sistemas se puede lograr un ahorro considerable de agua utilizada por el sistema.

Consumo mínimo de energía

El sistema utiliza considerablemente menor cantidad de energía que otros sistemas

Ruido mínimo

Comparado con otros sistemas de refrigeración, el sistema de enfriamiento evaporativo prácticamente no posee ruidos molestos para el personal y los animales.

Espacio mínimo

El sistema de enfriamiento evaporativo se acopla a las construcciones existentes o por construir.

Cuidado del medio ambiente.

El enfriamiento evaporativo beneficia directamente el medio ambiente mediante la reducción del uso de energía eléctrica para refrigeración.

Uso de sistemas de refrigeración.

en los edificios destinados a la producción porcina, cabe destacar a aquellos que pueden utilizar dos maneras de realizar este enfriamiento evaporativo.

Refrigeración por aspersión o fooging (sistema de riego).

Uno de los métodos más comunes y efectivos para promover las pérdidas de calor conlleva la adición de agua a la piel con o sin flujo de aire suplementario para aumentar la tasa de evaporación de agua adicionalmente.

Los sistemas de refrigeración por goteo consisten en evaporar el agua directamente sobre el animal. La evaporación del agua en la superficie del animal disminuye la

temperatura cutánea. Las pérdidas de calor por vía sensible dependen del gradiente de temperatura entre la piel y la parte interna del cuerpo.

Es necesario considerar el intervalo entre duchas, la duración de la aplicación del agua y la cantidad de agua suministrada por ducha para maximizar la pérdida de calor por evaporación.

Con aspersores funcionando intermitentemente (1 minuto encendidos y 14 minutos apagados) por debajo de 29,5°C, y continuamente por encima de 29,5°C, el consumo de pienso y la ganancia media diaria mejoraron en un 13% en cerdos de finalización bajo estrés por calor (Nichols et al., 1987).

Refrigeración por enfriamiento o cooling (panel evaporativo).

Los sistemas de refrigeración por evaporación utilizan la energía del aire para evaporar agua. Así, la evaporación del agua en el aire caliente reduce la temperatura del aire a la vez que aumenta la humedad relativa. Estos sistemas pueden ser utilizados para refrescar directamente a los animales (sistemas de refrigeración por goteo) o indirectamente a través de una refrigeración del aire ambiental (paneles de refrigeración).

En los sistemas con paneles de refrigeración, el aire es refrigerado, forzando su entrada en el edificio a través de un panel húmedo.

La disponibilidad de numerosos materiales de construcción y ventiladores permite al combinar de manera óptima las prestaciones, el uso de energía.

5.5.2 Cálculos de Eficiencia de los Sistemas de Refrigeración.

En los sistemas de ventilación forzada con refrigeración del aire mediante la utilización de paneles evaporativos debemos de tener en cuenta la eficiencia del panel para bajar la temperatura del aire que ingresa del exterior y la velocidad del aire para determinar la temperatura de efectiva y verificar que las condiciones de climatización del galpón brinden confort a los cerdos. (Ayala, s/f)

Cálculo de merma de temperatura por enfriamiento por panel evaporativo.

$$\text{Merma en Temperatura} = 0.75 \times (T_{bs} - T_{bh})$$

0.75 = 75% Eficiencia del Panel Evaporativo

T_{bs} = Temperatura de Bulbo Seco (Ambiental)

T_{bh} = Temperatura de Bulbo Húmedo
(Compensada por la humedad relativa)

Temperatura efectiva.

La temperatura efectiva es la que siente el cerdo y es igual a:

T bulbo seco - Merma en T – Sensación térmica.

Cálculo de temperatura efectiva.

Datos:

Día de 34°C con 50% de Humedad Relativa

Ventilación Túnel con 1.5 metros/segundo de velocidad

Resultados:

Tbs = 34 °C

Tbh = 25 °C - grafico Psicométrico-

Merma en Temperatura con Panel Enfriador = 6.75°C

Sensación Térmica = 4 °C – Velocidad del aire.

Temperatura Efectiva = 23.25 °C

5.6. Recomendaciones Prácticas.

5.6.1. Destete y Maternidad. (Ayala, s/f)

Clima frio

Provea la ventilación adecuada para remover humedad excesiva y suplir oxígeno a la sala

Calor adicional será necesario

Distribuya apropiadamente el aire entrante para reducir las corrientes frías

Precalentamiento del aire entrante le ayudara a reducir las corrientes frías

Clima templado

Provea la ventilación adecuada para mantener la temperatura deseada en la sala

Clima caliente

Provea suficiente ventilación para remover el exceso de calor y mantener el interior de la nave a una temperatura cercana a la ambiental

La temperatura del aire entrante puede ser reducida pasando el aire entrante por un enfriador evaporativo

5.6.2. Terminación, Reproducción y Gestación. (Ayala, s/f)

Clima frio.

Provea la ventilación adecuada para remover humedad excesiva y suplir oxígeno a la sala

Calor adicional será necesario

Distribuya apropiadamente el aire entrante para reducir las corrientes frías

Precalentamiento del aire entrante le ayudara a reducir las corrientes frías

Clima templado.

Provea la ventilación adecuada para mantener la temperatura deseada en la sala

Las cortinas laterales se pueden abrir para proveer ventilación adicional

Clima caliente.

La velocidad del aire que pasa sobre los animales produce un efecto de enfriamiento por sensación térmica

La temperatura del aire entrante puede ser reducida pasando el aire entrante por un enfriador evaporativo

Otra manera de refrescar los animales es por medio de aspersor.

5.6.3. Guías de ventilación.

	PESOS Libras	FRIO CFM/cab (Pies ³ por Minuto)	MEDIO CFM/cab	CALIENTE					
				Sin Tunnel		Con Tunnel, No Evap		Con Tunnel & Evap	
				CFM Por Cabeza	Cambios de aire (segundos)	Velocidad ^a (Pies/min)	Cambios de aire (segundos)	Velocidad ^b (Pies/min)	Cambios de aire (segundos)
MATERNIDAD	400	20	80	650	40 ^b	****	****	200 max.	****
DESTETE	10 a 60	2 a 5	15	38	****	****	****	100 max.	****
ENGORDA	60 a 220	5 a 10	35	120	40	330	30-40	330	30-45
WEAN-TO-FINISH	10 a 220	2 a 10	35	120	40	330	30-40	330	30-45
GESTACION	325	12	40	150	35	330	30-35	330	30-45
REPRODUCCION	400	14	50	300	35	330	30-35	330	30-45

^a VELOCIDAD DESEADA. **MAXIMA VELOCIDAD DE 430 PIES/MINUTO.**

^b USE 45 SEGUNDOS SI UTILIZA ENFRIAMIENTO EVAPORATIVO.

Tabla N°9: Guías de ventilación – Sistema Imperial USA. (Ayala)

5.6.4. Solución de Problemas. (PIC®, 2014)

Problema 1

El edificio está más frío de lo deseable aun cuando la temperatura exterior sea normal, Los cerdos se apiñan.

Posibles causas

Controles de los ventiladores ajustados a temperatura demasiado baja

La calibración de control de temperatura es errónea

Entradas de ventilación demasiado abiertas

Edificio mal aislado

El edificio tiene demasiadas fugas

Densidad de animales demasiado baja

Aporte de calor insuficiente

Otros puntos para comprobar:

Poner el termómetro cerca del sensor térmico y comprobar la temperatura

Comprobar si el sensor térmico está expuesto directamente al aire fresco de entrada

Comprobar si hay condensación en el techo y las paredes del interior.

Problema 2

El edificio está demasiado caliente.

Posibles causas

Controles de los ventiladores ajustados a temperatura demasiado alta

Capacidad insuficiente de los ventiladores instalados para la cantidad de calor que se produce

Ventiladores y deflectores sucios

Entradas de ventilación demasiado poco abiertas

Tiempo insuficiente entre la entrada y salida de aire

El extractor no está funcionando

El sistema de refrigeración no está funcionando

Otros puntos para comprobar:

Comprobar si los extractores están funcionando correctamente

Comprobar los ajustes del termostato

Comprobar el mantenimiento del sistema de refrigeración

Problema 3

Demasiada humedad en el edificio: el aire se nota cargado y húmedo

Posibles causas.

Ritmo de ventilación demasiado bajo

Demasiado poco aporte de calor

Superficie húmeda de gran tamaño, como el suelo completo de slat, que no se tuvo en cuenta cuando se diseñó el sistema de ventilación

Fugas de agua

Diarrea

Problema 4

Fugas de aire.

Con frecuencia, durante la detección de problemas del área de ventilación, se pasa por alto la localización y eliminación de fugas de aire en una nave. Uno de los componentes más importantes de un buen sistema de ventilación es un sistema de entrada bien diseñado y ajustado. Las fugas de aire realmente son parte de la

entrada/salida de éste, y a menudo reducen o eliminan una distribución correcta del aire.

Los resultados de las fugas de aire son:

- A.** Corrientes de aire que inciden sobre los cerdos, lo que puede conducir al deterioro de su salud.
- B.** Zonas de la nave con ventilación insuficiente, dando lugar a gases tóxicos, olores y humedad excesiva.
- C.** Utilización excesiva de combustible para calefacción.
- D.** La eliminación de las fugas de aire puede mejorar el funcionamiento del sistema de ventilación y aumentar el rendimiento de los cerdos.

Posibles causas.

A. Las persianillas de los ventiladores con funcionamiento inadecuado. La mayoría de los ventiladores tienen unas persianillas que evitan que entre aire en la sala a través del ventilador cuando éste no está funcionando. Cuando las persianillas están mal diseñadas o se encuentran deterioradas, constituyen una fuente importante de pérdidas de aire, incluso cuando estas persianillas son nuevas y están bien diseñadas puede haber fugas importantes.

B. Cortinas mal ajustadas. Los edificios con ventilación natural utilizan cortinas ajustables o puertas de ventilación para las entradas de aire. A menudo éstas son una fuente de fugas de aire ya que se desajustan con facilidad y no cierran completamente.

C. Entradas mal diseñadas. Las entradas de aire se diseñan para controlar el aire de ventilación que entra en el edificio. Si las entradas están mal diseñadas, deformadas o mal ajustadas, provocarán fugas de aire.

D. Fugas alrededor de las puertas y por debajo de las mismas. Las puertas de acceso a la sala pueden ser una fuente importante de fugas de aire si ajustan mal o no cierran bien.

Posibles soluciones.

Problema y Causa A

Aislar y sellar las persianillas en épocas de frío de los ventiladores que se estén utilizando para la ventilación en tiempo cálido.

Examinar todas las persianillas para asegurarse de que funcionan libremente, no se quedan bloqueadas abiertas, y se cierran completamente cuando el ventilador no está funcionando.

Problema y Causa B

Cambiar las cortinas y las puertas estropeadas. En cada cambio de estación, cerrar las cortinas y las puertas y ajustarlas para que cierren perfectamente.

Problema y Causa C

Cambiar las entradas estropeadas o deformadas.

Comprobar la uniformidad de todas las entradas y asegurarse de que funcionan correctamente.

Problema y Causa D

Comprobar en todas las puertas si hay fugas de aire y repararlas o sustituirlas si es necesario.

Todas las puertas deben permanecer cerradas en todo momento de forma que sólo entre aire en el edificio a través de las entradas programadas.

5.7. Impacto del Estrés Calórico en las Producciones de Cerdos.

5.7.1. Extractos Resumidos de Trabajos de Investigación. (Ayala, s/f)

A. Efectos de la temperatura de la sala y concentración aminoácidos en los resultados de hembras lactantes.

En este trabajo se utilizaron 267 cerdas multíparas que fueron colocadas en salas de maternidad a diferentes temperaturas, un grupo se colocó en salas tibias a 20,4°C de temperatura máxima y 17,7°C de temperatura mínima y otro grupo se colocó en salas calientes a 27,1 °C de temperatura mínima y a 29,2 °C de temperatura máxima.

Se concluyo que las cerdas en salas calientes redujeron su consumo de alimento (4.19 vs 6.38 kg/d) Obteniendo un menos peso de la hembra destetada (176.2 vs 193.6 kg) y una incorrecta vuelta a celo a los 15 días de destetadas (79.2 vs 93.4%). El crecimiento de la camada también fue afectado (1.74 vs 2.11 kg).

Johnson LJ, Ellis M, Libal GW, Mayrose VB & Weldon WC - Journal of Animal Science 77 (7):1638-1644, 1999

B. Efectos de alta temperatura en primerizas de primer paridad. se realizaron dos evaluaciones con 126 hembras primerizas divididas en dos grupos. Alojando un grupo en una sala caliente (37,8°C entre las 4 PM y las 9 AM y 32,2°C el resto del día). El otro grupo se alojó a una temperatura continua de 23.3°C. En el grupo estresado por calor, 6 de 14 hembras en la primera semana después del servicio y 3 de las 14 durante la segunda semana volvieron a entrar en celo entre los 17 y los 21 días post-servicio. No se encontraron ninguna diferencia significativa en la ovulación de los dos grupos a las dos semanas post-monta. Las hembras estresadas por calor tenían una cantidad significativa menor de embriones que las hembras de control. La mayor reducción de embriones viables fue observada en la segunda semana post-servicio. Lo que sugiere que el proceso de implantación es el más sensitivo al estrés calórico. Los embriones parecen ser menos sensitivos al estrés calórico después del proceso de implantación.

Los autores encontraron que las primerizas en la mitad del embarazo fueron bastante resistentes al estrés calórico. Las hembras estresadas por calor en el embarazo tardío parieron menos lechones vivos y más lechones momias. Tazas de nacimiento y pesos de la camada a los 21n días fueron significativamente menores en las hembras estresadas por calor durante el embarazo tardío. El promedio de la taza de ovulación fue de 14.8. Si se toma 14.8 lechones como el potencial de tamaño de camada, las hembras control parieron el 71.9% del potencial y las hembras estresadas por calor el

69.5%. Las hembras estresadas por calor en embarazo tardío parieron el 40.5%. Esta información sugiere que el estrés calórico tiene un mayor impacto en la supervivencia del feto en el embarazo tardío.

I.T. Omtvedt, R.E. Nelson, R.L. Edwards, D.F. Stephens & E.J. Turman - Oklahoma Agricultural Extension & U.S.D.A.

C. Qué hacer cuando el consumo alimenticio está bajo las metas

El consumo de alimento diario está directamente relacionado con el peso corporal del animal. Las altas temperaturas reducen el consumo de alimento; El cerdo intenta aminorar la generación de calor metabólico asociado con la digestión del alimento. El cerdo es el animal más susceptible al estrés calórico por lo cual el impacto de las altas temperaturas es muy elevado.

Muchos edificios poseen temperaturas mayores de las óptimas de producción, perjudicando el crecimiento y la eficiencia alimentaria. Por ejemplo, la temperatura óptima para cerdos de más de 55 kg en slat parcial y libres de humedad y corrientes de aire es 14°C. Cada aumento de 1°C sobre la temperatura optima del cerdo reducirá el consumo de alimento en un 1% a 2%. Temperaturas sobre los 30°C tendrán un mayor efecto.

Patience JF - Proceedings Leman Swine Conference 24:130-134, 1997

D. Efectos de la exposición a alta temperatura ambiental y niveles de proteína en la dieta sobre la producción de leche materna y los resultados de los lechones

Los efectos fueron determinados en el curso de 28 días de lactación, sobre 59 hembras multíparas Large White x Landrace, en un ambiente termoneutral (20°C) o en un ambiente caliente (29°C) constante. Se probaron varias dietas con variados niveles de proteína.

A pesar de que hubo una mayor frecuencia de alimentación (39 vs 34 por día) a las temperaturas más altas, la producción de leche mermo de 10.43 a 7.35 kg/hembra-día cuando la temperatura aumento de 20 a 29°C. Sobre los 28 días de lactación, la ganancia diaria y el peso corporal al destete de los lechones mermo de 272 a 203 g/d y 9.51 a 7.52 kg respectivamente cuando se aumentó la temperatura. Lechones criados a los 29°C después de destetados se sacrificaron y presentaron en conexión con sus menores niveles de crecimiento (32.2 vs 33.0%), niveles más bajos de proteína, lípido y energía.

El estudio indica el impacto negativo de las altas temperaturas ambientales en la producción de leche y resultado de los lechones, no pudiendo estos ser atenuados mediante manipulaciones a la composición de la dieta alimentada a la hembra.

Reunaudeau D & Noblet J - Journal of Animal Science 79 (6): 1540-1548, 2001

E. Diferencias en resultados entre casetas de engorda ventiladas naturalmente vs túnel

Basado en un estudio de datos a nivel de granja provenientes de 744,500 cabezas de engorda en confinamiento, se demostró que los edificios con ventilación túnel dan resultados superiores a los edificios con ventilación natural tanto en consumo diario como en conversión. Esto a su turno resulto en una mejor ganancia diaria, menos

descartes y un menor costo de alimento por 100 lb (25.25 kg.) de ganancia de peso. El menor costo de alimentación junto con la menor cantidad de descartes y las 9.4 lb (4.25 kg.) extra de peso por cerdo vendido son ventajas significativas que resultaron en una ventaja estimada de US\$5.61 (\$16.43) por cerdo vendido en las casetas con túnel.

Joseph Lally & William Edwards – Farmland Industries/Iowa State University ASL-R1688

5.7.2. Impactos Sobre una Granja Productora de Cerdos por Causa del Estrés Calórico.

80% vs 93% de hembras en celo a los 15 días significa 13% de merma en los partos/hembra-año.

Merma en el crecimiento del lechón de entre 0.37kg/camada/día hasta 0.71kg/camada/día = 7.77kg hasta 14.91kg perdidos por camada a los 21 días.

Cerdos en terminación sobre 55 kg sufren una merma en consumo del 1-2% por cada °C sobre 14°C. En temperaturas de 30°C la merma sería del 16%. En cerdos de 100kg con conversión de 2.69 la diferencia sería de 7.2 kg. Menor conversión & menor ganancia diaria.

5.7.3. Análisis del Impacto Económico Producido por Estrés Calórico.

Costos.

El costo de producción está conformado por los gastos fijos y variables que genera la actividad. (Etchechoury, 2002)

Gastos Fijos.

Son considerados gastos fijos los gastos de mantenimiento, intereses, impuestos, depreciaciones de las instalaciones, etc. (Etchechoury, 2002)

La única forma de reducir los gastos por unidad de producción es aumentando el volumen de producción, producir más con iguales costos- o mejorando la eficiencia de producción, producir iguales cantidades con menos costos. (Etchechoury, 2002)

Gastos Variables.

La producción porcina tiene otra categoría de gastos llamada gastos variables, son los gastos que varían con la producción. (Etchechoury, 2002)

El gasto variable más importante es el costo de alimentación, ya que representara entre el 60% y el 70% de los costos totales de un establecimiento nacimiento – venta. (Etchechoury, 2002)

Estos gastos se deben de controlar, es conveniente relacionarlos continuamente con los resultados obtenidos y llevar stock mensual, para mantener todo bajo control. (Etchechoury, 2002)

Ingresos.

Los ingresos de una granja de cerdo son el producto de la venta de kg de carne de cerdos que se realicen y sus beneficios dependerán del precio de mercado, de la eficiencia productiva y del costo del alimento. (Etchehoury, 2002)

Resultado del negocio de producir carne de cerdo.

El Resultado obtenido por la producción de cerdos dependerá de los costos fijos más los costos variables menos ingresos obtenidos. (Etchehoury, 2002)

Impacto del estrés calórico en el resultado económico.

Teniendo en cuenta que los costos fijos no varían en el curso del año, pero a medida que el calor aumenta, los kilos vendidos merman y a medida que los kilos merman en un ambiente de costos fijos, la lucrativita de la empresa merma, entonces, podemos afirmar que con un sistema de ventilación es posible mantener altos niveles de productividad, recuperando la lucrativita de la empresa.

6. Conclusiones.

Las variaciones en la climatización por fuera de las necesidades fisiológicas normales de los cerdos ocasionaran perjuicios económicos a los productores de carne de cerdo. Para realizar un correcto control de las condiciones climáticas de producción dentro de los galpones es necesario realizar un estudio de la climatología, de las condiciones energética y de la disponibilidad de agua de zona geográfica en donde se decida instalar una granja de cerdos y en base a los resultados obtenidos debemos de elegir el sistema de ventilación, refrigeración, calefacción y materiales de construcción a utilizar.

El diseño de las instalaciones se debe de realizar de acuerdo al tipo de sistema de ventilación elegido. No realizar los cálculos correctos sobre los volúmenes de aire a mover, la potencia energética a utilizar (ventilación forzada) y las cantidades de agua a consumir es un error que no permitirá el aprovechamiento óptimo y eficiente de la tecnología instalada y, además, no se obtendrá el máximo aprovechamiento de la tecnología instalada.

No es imposible, pero de seguro será más costoso reparar errores de diseño o instalar tecnología en edificios de cría de cerdos que no fueron diseñados y construidos con criterios correctos.

Parametrizar de forma correctamente el sistema de control climatológico de los edificios de cerdos requiere de conocer de qué forma interactúa el cerdo y el edificio con las variables climatológicas descritas en este trabajo. Una correcta interpretación permitirá colocar datos lógicos y correctos en los controladores que dirigirán el sistema de control de las variables climáticas del edificio y de esta forma obtener condiciones óptimas de producción a un bajo costo energético (control eficiente).

La inversión en tecnología de control ambiental brinda beneficios productivos y económicos razonables como para realizar su implementación en los edificios de producción de cerdo.

7. Bibliografía

(s.f.).

Ayala, J. (s.f.). Impacto de las variables medio ambientales en los costos de producción. .

Etchechoury, G. F. (4 de Octubre de 2002). Principales Índices que Afectan la Rentabilidad.

Forcada, F., Babot, D., Vidal, A., & Buxadé, C. (s.f.). *Diseño de alojamiento e instalaciones*.

Muirhead, M. R., & Alexander., T. J. (2001). *Manejo sanitario y tratamiento de las enfermedades del cerdo*. Intermedica.

Pedersen, B. (2005). *3tres3*. Obtenido de [/www.3tres3.com/articulos/control-del-medio-ambiente-del-cerdo_1292/](http://www.3tres3.com/articulos/control-del-medio-ambiente-del-cerdo_1292/)

Pedersen, B. (15 de Septiembre de 2005). *3tres3*. Obtenido de https://www.3tres3.com/articulos/control-del-medio-ambiente-del-cerdo_1292/

Pedersen, B. K. (21 de Noviembre de 2005). *3tres3*. Obtenido de www.3tres3.com/articulos/calidad-del-aire_1359/

Pedersen, B. K. (30 de Noviembre de 2005). *3tres3*. Obtenido de https://www.3tres3.com/articulos/ventilacion-calefaccion-y-refrigeracion_1360/

Pedersen, B. K. (s.f.). *3tres3*. Obtenido de https://www.3tres3.com/articulos/sistemas-de-ventilacion_1387/

PIC ®. (2014). Manual destete venta.

Plano, C. M. (1995). *Aves comerciales y su medio ambiente*. Buenos Aires .

Renaudeau, D. (19 de Abril de 2016). *3tres3*. Obtenido de https://www.3tres3.com/articulos/estres-por-calor-en-porcino_36427/

Zimmerman, R. (14 de Mayo de 2001). *3tres3*. Obtenido de www.3tres3.com/articulos/vuelta-a-los-fundamentos-de-la-ventilacion_62